植物分类学报
第20卷 第1期　ACTA PHYTOTAXONOMICA SINICA　1982年2月

青海九种杜鹃的比较解剖和分类位置

王为义
（中国科学院西北高原生物研究所）

摘　　要

作者检查了青海九种杜鹃的木材、幼枝和叶子的解剖学性状。结果表明：按其生长层上管孔的分布，可以分成半环孔材和散孔材两类；根据木射线的结构、幼枝和叶表面腺毛的种类，后者又可以分成两类。青海九种杜鹃分别隶于 Sleumer 分类系统中两个亚属及两个组和一个亚组。

一、前　　言

有关杜鹃植物的分类工作报道得较多。其中 Sleumer 根据外部形态特征，对杜鹃花科植物进行了系统的排列[6]。S. F. Hayes 则根据叶片的解剖性状，把杜鹃属的五百多种植物，包括青海高原的个别种，分成了若干个系和亚系[8]。

杜鹃属植物在青海约有 20 种，多分布于高山湿冷的阴坡和半阴坡，并形成杜鹃植物群落[1]。青海的杜鹃资源丰富，分布集中，初步得到开发利用[2,3]。作者对青海九种杜鹃的比较解剖观察，发现在两大类型中各有其一致的解剖特征，并同植物的外部形态有一定的相关性。

本文研究的植物种，均属于花芽顶生的常绿灌木。现按植株表面有无腺毛及花冠的形状分类如下：1. 植株表面缺少腺毛——大坂山杜鹃 Rhododendron dabanshanense 和陇蜀杜鹃 R. przewalskii 等；2. 植株表面具腺毛、花冠筒状——烈香杜鹃 Rh. anthopogonoides、樱草杜鹃 R. primulaefolia 和管花杜鹃 R. tubulosum；3. 植株表面具腺毛、花冠漏斗状——头花杜鹃 R. capitatum、青海杜鹃 R. qinghaiense 和百里香杜鹃 R. thymifolium。其中有两个新种随本文发表。

材料多取自浸制标本，每种 2—4 个植株，其中包括 1—3 年生的枝和成熟的叶子。研究的方法按解剖学常规法进行。

二、解剖特征的描述

（一）植株表面缺少腺毛的种，以大坂山杜鹃 Rhododendron dabanshanense 为例，其余种见表 2。

1. 轴

木材较发达，属半环孔材[9]。多为单管孔，少 2 或 3 个以上的孔集合成切向或倾斜的复管孔。孔 5—6 边形，多径向排列（图版 4:1）。单个视野中导管数为 73—91—110。穿

孔板多梯状,少网状或单穿孔[7]。梯状穿孔板中的横隔 6—18—35 条,生于侧壁或端壁附近。管间纹孔相对着生,向着射线的纹孔互生,为梯纹或少数孔纹加厚,分布不均。木纤维为木材的主要组成分子,横切面上,细胞 4—5 边形,呈径向或切向排列。纵向壁厚且稍弯曲,有具缘纹孔(表 1)。切向面上,木射线分单列和 2 列以上两种,单列射线同型,少数 1—3 层细胞高,多数高 200—500—900 μm; 2 列以上射线多为同型,少数异型,2 列和多列射线高分别为 3900—4100—5500 μm 和 3200—5900—7200μm (图 2:A)。

表 1 导管分子和木纤维分子大小的比较

样品年龄	植物名称	导管分子							木纤维						
		长度(μm)			宽度(μm)			长宽比值	长度(μm)			宽度(μm)			长宽比值
		平均	最大	最小	平均	最大	最小		平均	最大	最小	平均	最大	最小	
三年生枝条	大坂山杜鹃	170	350	80	19	29	17	8.9	270	380	140	11	15	8	26.3
	陇蜀杜鹃	196	314	66	22	29	12	8.8	278	331	170	14	16	8	17.9
	称多杜鹃	170	270	85	18	23	10	9.6	176	231	108	10	14	8	17.9

二年生枝中,初生皮层正常,由大的薄壁细胞和小的含内含物的厚壁细胞组成网状结构。维管束鞘 1—4 列,排成断续的环,细胞壁厚并木质化。

髓由小厚壁细胞组成,其中星散着大薄壁细胞,少则 1—2 个,多则 3—7 个群集(图版 5:2)。髓的周边为环髓区,充满螺纹管胞。

2. 叶

叶片具背腹面。角质层,上表面波浪状,中脉粗锯齿状;下表面齿轮状,中脉锯齿状。上皮细胞 2 层,中脉附近 3 层。中脉为掌状,通过网状结构(与茎皮层的相同)同上皮、下皮细胞相连。维管束鞘 1—3 列,宽 10—25 μm,排成断续的环,细胞壁厚并木质化。维管束单个并开放,其结构同轴。

叶柄自近轴端至远轴端的横切面,呈现 5 个维管束,其结构同轴。

(二) 植株表面具腺毛、花冠筒状,以烈香杜鹃 R. anthopogonoides 为例,其余两种见表 4。

1. 轴

木材发达,散孔材。孔为单管孔,或 2—3 个孔集合成切向复管孔[5]。孔为不等径 5—6 边形,稍径向排列(图版 4:3)。单个视野中的导管数 96—122—174。穿孔板梯状,极少数单穿孔,生于侧壁或端壁附近。梯状穿孔板中横隔 6—9—12 条。侧壁上具梯纹和孔纹纹孔,分布不均。管间纹孔相对着生,向着射线的纹孔主要为对生。横切面上细胞呈 4—5 边形,或切向排列,侧壁稍弯曲,有具缘纹孔(表 3)。切向面上,木射线 1—5 列,单列居多,同型,最高 830μm; 2 列以上均有同型和异型两种,2 列和 3 列以上的射线最高分别为 350μm 和 790μm,其中混杂有导管,侧壁孔纹显著(图版 5:3)。纵向薄壁组织缺少。

木栓层产生前,发达的初生皮层组织正常,由无色的薄壁细胞组成,其中少量含内含物的厚壁细胞排列成链状结构。维管束鞘纤维细胞,排列成断续的环。

髓由厚壁组织组成(图版 5:4),细胞壁厚,单纹孔明显。髓的周边是环髓区,充满螺

表 2　陇蜀杜鹃的解剖特征

部位	形态结构	特　征
轴	木　材	半环孔材，孔多为单管孔，偶尔排列成切向图案(图版 4：2)
	导管数/视野(420×)	63—74—82
	导管图案	穿孔板梯状、单穿孔，生于侧壁或端壁附近；管间纹孔相对着生，侧壁具梯纹和梯纹-网纹加厚
	穿孔板横隔数	7—8—9
	木射线(切向面)	1—多列，单列同型，高 67—486—781 μm；2 列以上异型，2 列和多列射线的高分别为 134—490—1035μm 和 173—1316—3175μm(图版 5：1)
	木纤维	2 种：1 种侧壁稍弯曲；1 种侧壁弯曲成各种形状；有具缘纹孔
	维管束鞘	2—5 列，排列成断续的环，细胞壁厚且木质化
	木栓层	第二年起源于维管束鞘里边
	皮层结构	由大的薄壁细胞和小的含内含物的厚壁细胞组成网状结构
	环髓区	即初生木质部，充满螺纹管胞
	髓结构	由厚壁细胞组成，具明显的单纹孔；薄壁细胞星散其中
叶	毛状体	多细胞的分枝的丛生毛，宿存到叶脱落
	角质层	上表面平滑，中脉波浪状，下表面不显，中脉锯齿状
	上皮细胞	2 列，中脉附近 3 列
	中　脉	单个，形成封闭的环；维管束鞘 3—8 列，宽 31—70μm，排列成断续的环，细胞壁厚且木化
	叶　柄	自近轴端至远轴端的横切面，中央大维管束封闭成环

表 3　导管分子和木纤维分子大小的比较

样品年龄	植物名称	导管分子							木纤维						
		长度(μm)			宽度(μm)			长宽比值	长度(μm)			宽度(μm)			长宽比值
		平均	最大	最小	平均	最大	最小		平均	最大	最小	平均	最大	最小	
三年生枝条	烈香杜鹃	163	266	83	20	25	17	8.1	270	473	120	12	17	8	14.2
	樱草杜鹃	159	254	93	16	19	10	9.9	202	277	138	11	16	8	18.3
	长管杜鹃	297	413	130	17	23	11	17.5	239	439	154	11	16	8	21.7

纹管胞。

2. **叶**

叶片具背腹面。角质层，上表面平滑，中脉波浪状，下表面中脉波浪状，细胞形成乳头状突起。中脉单个，经过厚角组织和链状结构分别同上下表皮相连。维管束鞘 1—2 列纤维，排列成断续的环。发达的螺纹管带位于维管束的近轴面。

(三) 植株具腺毛、花冠漏斗状，以头花杜鹃 R. capitatum 为例，其余两种见表 6。

表 4 两种小型叶、黄色花冠杜鹃植物解剖特征的比较

部位	形态结构	樱草杜鹃	管花杜鹃
轴	木材	散孔材，孔多为单管孔，少 2—3 个集合成切向或径向的复管孔(图版 4-4)	同左
	导管数/视野 420×	127—148—176	113—135—153
	导管图案	穿孔板梯状，少数单穿孔，生于侧壁或端壁附近；侧壁具梯纹和网纹加厚，并分布不均；管间纹孔相对着生	穿孔板梯状，生于侧壁或端壁附近；侧壁具少量梯形纹孔，并分布不均；管间纹孔相对着生
	穿孔板横隔数	5—7—11	5—9—14
	木射线(切向面)	1—多列，单列同型，最高 794μm；2 列以上异型，2 列和 3 列以上射线最高分别为 553μm 和 880μm；多列射线纺锤状，其中混杂有导管分子，侧壁纹孔显著	1—多列，单列同型，最高 1647μm；3 列以上异型，长纺锤状，长 897μm，其中混杂有导管分子，侧壁纹孔显著
	木纤维	侧壁稍弯曲，有明显的具缘纹孔	侧壁稍弯曲，有少量具缘纹孔，分布不均
	维管束鞘	1—2 列纤维细胞，排成断续的环	同左
	木栓层	当年起源于维管束鞘里边	同左
	皮层结构	由大的薄壁细胞组成，其中少量含内含物的厚壁细胞排列成链状结构	同左
	环髓区	即初生木质部，螺纹管胞少量，不均匀分布	同左
	髓结构	由厚壁组织组成，细胞壁厚，单纹孔明显	同左
叶	腺毛	两种：盾状腺毛，头径 121—212μm；由 20—24 个周边细胞组成；星状腺毛，头径 212—287μm，由 23—33 个周边细胞组成	两种：盾状腺毛，头径 127—212μm，由 18—28 个周边细胞组成；星状腺毛，头径 218—273μm，由 27—38 个周边细胞组成
	角质层	上表面平滑，下表面中脉不规则形	上表面平滑，下表面中脉波涉状
	维管束	偏向海绵细胞，维管束鞘为 1 环薄壁细胞；中脉维管束鞘 1—5 列纤维细胞，排列成断续的环；木质部的上方为螺纹管胞带	中脉维管束鞘 2—3 列纤维细胞，余与左同

1. **轴**

木材发达，散孔材。孔多为单管孔，或 2—3 个集合成切向的复管孔。细胞 5—6 边形，稍径向排列(图版 4—5)。单个视野中导管数 90—117—140。穿孔板梯状，少数单穿孔。梯状穿孔板中横隔 6—11—17 条，生于侧壁或端壁附近。管间纹孔相对着生，为梯纹或孔纹加厚，但分布不均。木纤维细胞横切面呈 4—5 边形，径向或切向排列，侧壁稍弯曲，具缘纹孔显著(表 5)。切向面上，木射线 1—4 列。单列同型，最高 2300μm；2 列以上有同型和异型两种，但稀少，2 列和 3 列以上最高分别为 3000μm 和 3200μm (图版 5:5)。纵向薄壁组织缺少。

初生皮层由大的薄壁细胞组成，其中少量含内含物的厚壁细胞排列成链状结构。维管束鞘纤维细胞排列成断续的环。

髓由厚壁组织组成，细胞壁具显著的单纹孔(图版 5:6)。髓的周边为环髓区，充满螺纹管胞。

2. **叶**

表 5　导管分子和木纤维分子大小的比较

样品年龄	植物名称	导管分子 长度(μm) 平均	最大	最小	宽度(μm) 平均	最大	最小	长宽比值	木纤维 长度(μm) 平均	最大	最小	宽度(μm) 平均	最大	最小	长宽比值
三年生枝条	头花杜鹃	310	440	130	23	25	17	13.5	360	560	250	11	15	8	36.0
	青海杜鹃	250	378	120	20	26	15	12.2	316	439	208	10	16	9	31.6
	百里香杜鹃	195	266	116	17	18	17	11.4	280	340	250	9	10	7	31.0

叶片具背腹面。角质层，上表面微波状，下表面细齿状，细胞形成乳头状突起。维管束偏向海绵细胞。中脉单个，维管束鞘为 1—2 列含粘液的薄壁细胞。螺纹管胞带位于维管束的近轴面。

表 6　青海杜鹃和百里香杜鹃解剖特征比较

部位	形态结构	青海杜鹃	百里香杜鹃
轴	木材	散孔材，孔为单管孔，或 2—3 个集合成切向复管孔 (图版 4:6)	散孔材，孔为单管孔，或 2—3 个集合成复管孔
	导管数/视野(420×)	84—99—115	150—166—184
	导管图案	穿孔板梯状，少数单穿孔，生于侧壁或端壁附近；管间纹孔相对着生，侧壁具梯纹加厚，或缺少	穿孔板梯状，少数单穿孔，生于侧壁或端壁附近；管间纹孔相对着生，侧壁具梯纹和孔纹加厚，但分布不均
	穿孔板横隔数	5—8—13	4—7—11
	木射线(切向面)	1—3 列，单列同型，最高 3105μm，3 列以上稀少，多异型，最高 1173μm；2 列射线未观察到	1—4 列，单列同型，最高 370μm，2 列以上多同型，少异型，2 列和 3 列以上射线最高分别为 390μm 和 1430μm
	木纤维	侧壁稍弯曲，具缘纹孔显著	同左
	维管束鞘	1 列纤维细胞，排列成断续的环	1—2 列纤维细胞，排列成断续的环
	木栓层	当年发生于维管束鞘里边	同左
	皮层结构	由大的薄壁细胞组成，其中少数含内含物的厚壁细胞排列成链状结构	同左
	环髓区	即初生木质部，其中螺纹管胞分布不均	即初生木质部，其中螺纹管胞少数，分布不均
	髓结构	由厚壁组织组成，其中有胞间隙，细胞壁生明显单纹孔	同左
叶	腺毛	1 种，盘状腺毛，头径 208—345μm，由 50—80 个周边细胞组成	1 种，盘状腺毛，头径 200—256μm，由 60—70 个周边细胞组成
	角质层	上表面不均匀，下表面中脉细锯齿状	上表面平滑，下表面中脉细锯齿状
	维管束	偏向海绵细胞，维管束鞘为 1 列含粘液的薄壁细胞；中脉单个，螺纹管胞带位于维管束的近轴面	同左

三、解剖特征的比较和结论

综合以上描述，下面的解剖特征为九种杜鹃所共有：

轴的中柱周边是维管束鞘，由纤维束组成；木栓形成层起源于维管束鞘里边；木质部为一圆柱体，木材属于半环孔材或散孔材，其中缺少纵向薄壁组织；导管分子的穿孔板多为梯形，生于侧壁上或端壁附近；木射线有两种类型[4]（单列木射线同型，多列木射线多为异型）；螺纹管胞大量存在于初生木质部，即环髓区；初生皮层发达，由大的薄壁细胞和小

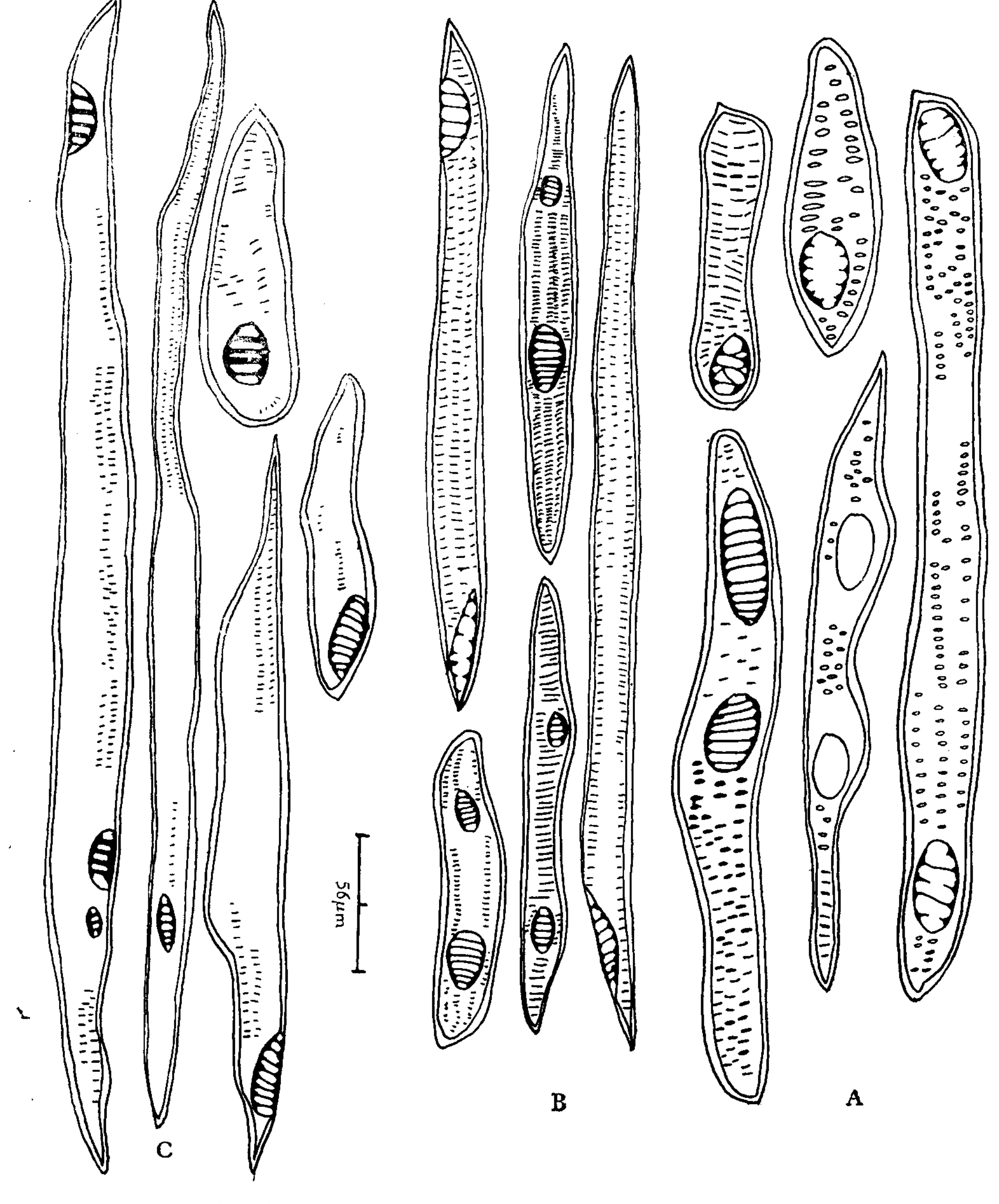


图 1 不同类型杜鹃的导管分子 A. 大坂山杜鹃；B. 樱草杜鹃；C. 青海杜鹃。(全部×95)

的厚壁细胞组成。这些解剖特征同 Панкова[10] И. А. 的报道是一致的。

按照生长层上管孔的分布和髓的结构；青海九种杜鹃可分成两大类：

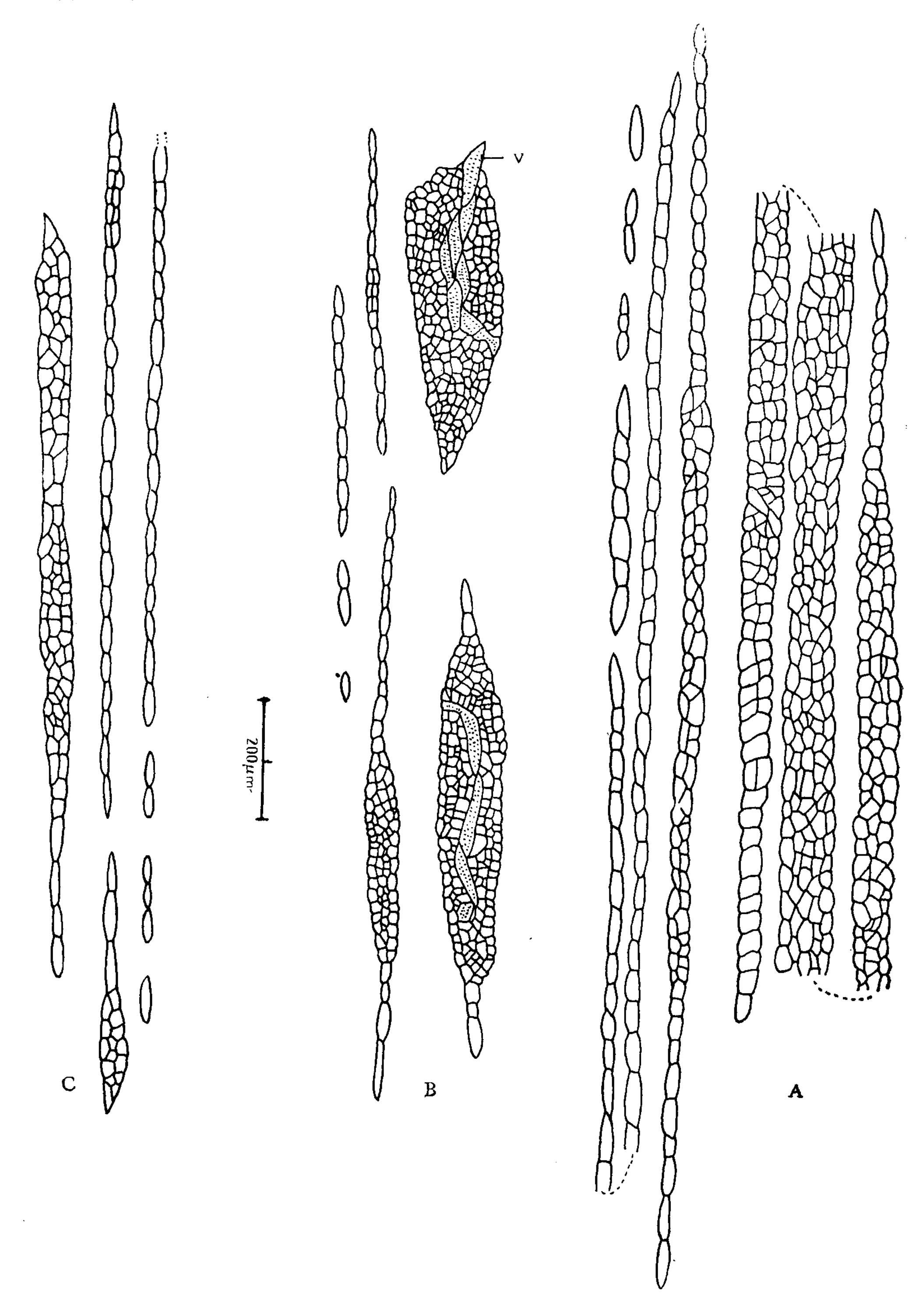


图 2　不同类型杜鹃的射线　A. 大坂山杜鹃；B. 樱草杜鹃；C. 青海杜鹃；V. 导管分子。（全部×95）

（一）木材为半环孔材，轮界清楚；导管分子的穿孔板除梯形外，或多或少存在网状穿孔板(图 1:A)；木射线显著伸长(图 2:A)；轴的初生皮层中，两类细胞同等发育，可保持 2 年，直至木栓层产生；髓由小的厚壁细胞组成，其中星散着大的薄壁细胞；叶的背面覆盖分枝的丛状毛，或早脱落；下表皮细胞不形成乳头状突起；皮下层 2—3 列；叶侧脉经过厚壁组织同上表皮下的皮下层相连，中脉经过如同茎皮层中的网状结构同下表皮下的皮下层相连，木质部的上方缺少螺纹管胞。这些解剖特征，为植株表面缺少腺毛的杜鹃特有。

（二）木材为散孔材，轮界不清楚；导管分子的穿孔板梯形(图 1:B, C)；轴的初生皮层主要由薄壁细胞组成，其中少量厚壁细胞排列成链状结构；当年木栓形成层发生以后，皮层脱落；髓全由厚壁细胞组成；幼枝和叶片的表面覆盖腺毛；叶下表皮细胞形成乳头状突起；皮下层 1 列；中脉或部分大侧脉维管束的木质部上方是发达的螺纹管胞带。这些解剖特征，为植株表面具腺毛、花冠漏斗状和筒状的杜鹃特有。

这一类，根据木射线的结构和植株表面腺毛的类型，又可分成两类：

1. 幼枝和叶片的表面覆盖着 2 种不同形状的腺毛；中脉维管束鞘由厚壁组织构成；多列木射线多呈纺锤状，其中混杂有导管分子，导管的侧壁上生明显的孔纹纹孔（图 2—B)。这些解剖特征，为花冠筒状的杜鹃特有。

2. 幼枝和叶片的表面覆盖着 1 种腺毛；中脉维管束鞘由薄壁组织构成；多列木射线狭窄，全由薄壁细胞组成(图 2:C)。这些解剖特征，为花冠漏斗状的杜鹃特有。

按照 Sleumer 的分类系统，具半环孔材的杜鹃，属于无鳞亚属（Subgen. Hymenanthes (Bl.) K. Koch）中的乳白亚组（Subsection Lactea Sleumer.)；具散孔材、射线中混杂导管分子的杜鹃，属于有鳞亚属（Subgen. Rhododendron）中的高脚碟形花组（Sect. Pogonanthum G.)，其余植物种属于该亚属的有鳞组（Sect. Rhododendron)。青海高原的杜鹃属植物，分别属于这三种类型。

青海杜鹃 新种

Rhododendron qinghaiense Ching ex Wang Wei-yi, sp. nov.

R. capitato Maxim. affinis, sed floribus binis fasciculatis; calycibus aureo-lepidotis et sparse ciliatis differt.

Frutex ramosissimus, ramis sursum valde confertis; ramuli atro-cinerei, cortice longitudenaliter fissurati, ei hornotini breviores 6—8 mm longi dense fusco-lepidoti. Folia ad apicem ramulorum congesta, oblonga, 6—8 mm longa, coriacea, supra atroviridia albo-lepidota, subtus cinnameo-fulva, dense cinnameo-lepidota; petiolis 1—1.5 mm longis. Gemma floris oblonga vel ovata circa 5 mm longa, squamis membranaceis brunneis ciliatis. Flores purpurei, bini, 1.5 cm diam., e gemma terminali orti; calyx membranaceus roseo-purpureus profunde 5-lobus, lobis inaequalibus 3—4 mm longis subtus aureo-lepidotis, sparse ciliatis; corolla infundibuliformis, tubo corollae breviter tubuloso calyce subaequali intus ad faucem villoso, lobis ellipticis circiter 6 mm longis; stamina 8 basi dense villosa. Capsula juvenalis oblonga, 3 mm longa, dense aureolepidota;

本文新种承杨永昌副教授描述，在此表示感谢。

capsula adulta ad basin in 5 valvas fissa.

Qinghai (青海), Yushu (玉树)： P. C. Kuo (郭本兆) 8396 (typus, conserved in Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica), alt. 4300 m, shady slope, 1971, VI, 30.

长管杜鹃　新种

Rhododendron tubulosum Ching ex Wang Wei-yi sp. nov.

R. anthopogonoidi Maxim. affinis, sed floribus 5—6 fasciculatis, albis vel rubescentibus; filamentis glabris; corollarum tubis utrinque sparse piliferis differt.

Frutex ad 1 m altus ramosissimus, ramis gracilibus et flexuosis, sursum valde confertis; ramuli obscure cinerei, cortice longitudinaliter fissurati; ei hornotini castaneobrunnei, dense pubescentes et pilis laxis glanduferis tecti. Gemma minuta, oblonga vel anguste elliptica, circa 2 mm longa. Folia in apice ramulorum congesta, coriacea, elliptica vel oblonga, 1—1.2 cm longa, horizontaliter extensa, apice acuta, basi cuneata, margine recuvata, supra glabra obscure viridia nitidula, subtus dilute brunnea dense lepidota, costa media supra impressa subtus leviter elavata; petiolis 3—4 mm longis brunneolepidotis. Flores 5—6, fasciculati, albi vel rubescentes; calyx 5-lobatus, lobis inaequalibus 1—2 mm longis ciliatis; corolla infundibuliformis, tubo corollae 8 mm longo, lobis subrotundis vel late oblongis 3—4 mm longis utrinque sparse piliferis; stamina 5, filamentis 5 mm longis glabris, antheris oblongis minutis; ovarium oblongum, 1—1.3 mm longum, dense lepidotum, stylo breviore et dilatato 1.5—2 mm longo glabro.

Qinghai (青海), Yushu (玉树)： P. C. Kuo (郭本兆) 8419 (typus, conserved in Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica), alt. 4000 m, shady slope, 1971, VII, 1.

参　考　文　献

[1] 陈庆成等，1966：甘肃省祁连山东段一些高山植物的形态-生态学特征的观察，植物生态学地植物学丛刊，**4**(1)：39—52。
[2] 青海生物所资源室等，1978：百里香杜鹃挥发油化学成分的研究，植物学报，**20**(2)：135—139。
[3] 杨海荣等，1978：大坂山杜鹃化学成分的研究，I. 四种酚类成份的分离鉴定，植物学报，**20**(4)：355—360。
[4] 李正理译，1971：植物解剖学——试验和解说(下册)，科学出版社，90—99。
[5] 李正理译，1973：种子植物解剖学，上海人民出版社，96—109。
[6] Sleumer, H. 1949: Ein system der Gattung Rhododendron L. Bot. Jahrb. **74**: 511—552.
[7] Cutler, D. E., 1978: Applied plant anatomy. Longman London and New York. 23—27.
[8] Hayes, S. F., 1951: A survey of the anatomy of the Rhododendron leaf in relation to the taxonomy of the genus. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh*. **21**: 1—34.
[9] Metcalfe, C. R. and L. Chalk, 1957: Anatomy of the dicotyledons. II. 827—836.
[10] Панкова, И. А., 1961: О некоторых рододендронах Саян. *Раст. сырь*, **9**: 221—240.

COMPARATIVE ANATOMY OF NINE SPECIES OF THE GENUS RHODODENDRON FROM QINGHAI PLATEAU AND THEIR SYSTEMATIC POSITION

WANG WEI-YI

(*Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica*)

Abstract

Anatomical characteristics of the wood, the branchlets and the leaf blades of nine representative species of Rhododendron on Qinghai plateau have been examined in order to explore their taxonomic position.

On the basis of vessel figures in growth rings, the wood of Rhododendron can be divided into two divisions, namely, semi-ring pore and scattered pore wood. Because of the differences of the wood ray-structure and the glandular hairs on the branchlets and the leaf blades, the latter can be further classified into two subdivisions.